



PCT/FR 03 / 02197

REC'D 13 OCT 2003

WIPO PCT

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 15 JUL 2003

### DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*01

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

**Important** Remplir impérativement la 2ème page.

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 190600

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>18 JUL 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0209100</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>18 JUL 2002</b>		<b>1</b> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  PONTET ALLANO & Associés Selarl  25 rue Jean Rostand Parc Club Orsay Université  91893 ORSAY Cedex	
Vos références pour ce dossier (facultatif) IFB02 MKT IMA			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2</b> NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
<b>3</b> TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)  "Procédé de traitement d'une image acquise au moyen d'un guide composé d'une pluralité de fibres optiques."			
<b>4</b> DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date Pays ou organisation Date Pays ou organisation Date <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5</b> DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		MAUNA KEA TECHNOLOGIES	
Prénoms			
Forme juridique		Société par actions simplifiée	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	9 rue d'Enghein	
	Code postal et ville	75010	75010 PARIS
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE <b>12 JUIL 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0209100</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	DB 540 W / 190600
Vos références pour ce dossier : (facultatif)		IFB02 MKT IMA	
<b>6 MANDATAIRE</b> Nom Prénom Cabinet ou Société N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PONTET ALLANO & Associés	
Adresse	Rue	25 rue Jean Rostand Parc Club Orsay Université	
	Code postal et ville	91893	ORSAY Cedex
N° de téléphone (facultatif)		01 69 33 21 21	
N° de télécopie (facultatif)		01 69 41 95 88	
Adresse électronique (facultatif)			
<b>7 INVENTEUR (S)</b> Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input checked="" type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI MME BLANCANEUX	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

- 1 -

" Procédé de traitement d'une image acquise au moyen d'un guide composé d'une pluralité de fibres optiques."

5

La présente invention se rapporte à un procédé de traitement d'une image acquise au moyen d'un guide composé d'une pluralité de fibres optiques. Elle trouve une application particulièrement intéressante dans le domaine de l'imagerie médicale. Toutefois l'invention est d'un cadre plus large puisqu'elle peut s'appliquer à tout domaine dans lequel on réalise de l'imagerie au moyen d'un guide composé d'une pluralité de fibres optiques. Le guide d'image permet d'obtenir une image. Un tel dispositif permet de déporter le balayage laser et la source lumineuse et le récepteur loin de l'objet à observer. Par exemple dans un système à balayage laser avec obtention d'une image confocale, le guide d'image est un assemblage de plusieurs milliers de fibres optiques dont l'arrangement spatial est identique en entrée et en sortie. L'observation d'un objet à travers ce guide pourrait être comparée à une observation via une grille, à cause de la perte d'information entre les fibres optiques. La visualisation est donc gênée à cause de la présence des fibres optiques : le motif des fibres optiques apparaît sur l'image acquise. Cela impose un traitement spécifique de façon à éliminer ce motif et améliorer la lisibilité de l'image.

Dans les systèmes actuels, ce traitement spécifique se limite à un filtrage linéaire de l'image acquise.

La présente invention a pour but de proposer un nouveau procédé permettant de rendre les images acquises au moyen d'un guide multi-fibres optiques lisibles.

Un autre but de l'invention est de prendre en compte les effets parasites dus à l'appareil d'acquisition dans le traitement de l'image acquise.

On atteint au moins l'un des objectifs précités avec un nouveau procédé de traitement d'image acquise au moyen d'un guide constitué par une pluralité de fibres optiques. Selon l'invention, pour chaque fibre optique, on isole sur l'image

- 2 -

acquise une zone correspondante à cette fibre optique, on traite localement chaque zone de façon individuelle, puis on reconstruit l'image acquise en éliminant le motif dû aux fibres optiques.

Avec le procédé selon l'invention, le fait d'isoler les fibres optiques sur l'image, revient à isoler sur l'image, la zone correspondant à chaque fibre. Lorsque les pixels représentant l'injection majoritaire en terme de surface (zone d'influence) dans une fibre sont isolés, on peut alors effectuer des traitements locaux sur chaque fibre optique. La faible diaphonie du guide et les réglages de l'injection permettent de garantir le fait que le contenu informatif de chaque fibre ne dépend pas de la fibre voisine, mais uniquement de la cohérence spatiale de l'objet observé. L'appareil réalisant l'acquisition d'image est réglé de façon à avoir suffisamment de pixels par fibre : on peut ainsi estimer précisément l'information qui est détectée par cette fibre et qui est répartie sur les pixels représentant la fibre optique.

Ainsi, au lieu de traiter l'image de façon globale en réalisant un simple filtrage linéaire comme dans l'art antérieur, dans le procédé selon l'invention on isole chaque fibre optique sur l'image acquise et on traite l'information détectée par chaque fibre optique. Avantageusement, l'appareil réalisant l'acquisition d'image est contrôlé pour garantir les conditions minimales d'efficacité du procédé selon l'invention. Pour ce faire, on peut modifier le taux d'échantillonnage, la qualité d'injection dans les fibres optiques, et le réglage de la chaîne de détection afin de garantir un profil de type "boîte à œufs", notamment sur l'image témoin.

Avantageusement, lorsque les fibres optiques sont isolées sur l'image et lorsque chaque zone isolée est traitée, de nombreuses applications peuvent être envisagées telles que :

- la reconstruction d'une image sans le motif des fibres : les fibres gênent la lisibilité et les traitements ultérieurs effectués sur l'image;
- le contrôle de la rugosité de la surface du guide, la rugosité va perturber le phénomène d'injection pour le rendre spatialement variant;
- le recalage des images, ou la stabilisation de l'image; le motif des fibres empêche tout recalage des images

entre elles, la connaissance de la place des fibres et de l'information observée permettent de recalcr les images;

- la super-résolution : on peut utiliser des faibles mouvements dans l'acquisition d'une séquence d'images pour ré-  
5 échantillonner l'image avec une période spatiale plus faible, et donc obtenir une meilleure résolution;

- la quantification des images : on peut extraire beaucoup plus facilement et précisément des informations sur l'image sans le motif des fibres optiques,

10 - le contrôle temporel des paramètres internes de l'appareil d'acquisition : la connaissance de la place de chaque fibre et de leurs valeurs optimales d'injection permet de contrôler l'usure du guidé, et les variations de certains paramètres optoélectroniques.

15 Dans le procédé selon l'invention, pour isoler chaque zone, on peut appliquer un masque, correspondant au motif des fibres, sur l'image acquise. Ce masque, correspondant à une image des composantes connexes représentant chaque fibre, est obtenu au cours d'une étape de détection des fibres à partir d'une image  
20 témoin.

L'image témoin est une image permettant de bien distinguer les fibres optiques les unes des autres. Elle peut être issue de l'observation d'un miroir, d'un milieu diffusant homogène, d'un milieu fluorescent homogène, elle peut aussi provenir de la  
25 retro-diffusion propre à l'intérieur du paquet de fibres optiques. Mais elle peut encore être l'image acquise. A la sortie de la détection, on obtient donc une image des composantes connexes (des segments) représentant chaque fibre optique. Chaque niveau de gris représente un index unique désignant une fibre  
30 optique dans le guide.

Selon l'invention, l'étape de détection des fibres peut comprendre les étapes suivantes :

- pré-filtrage de l'image témoin,
- segmentation par région, en utilisant l'algorithme de  
35 "ligne de partage des eaux" LPE,
- correction de segments présentant une surface anormalement grande, et

- correction de segments présentant une surface anormalement petite.

Les deux étapes de corrections sont interchangeable, et elles peuvent être réalisées de façon itérative.

5       Avantageusement, l'étape de pré-filtrage peut comprendre une étape d'ouverture morphologique suivie d'une étape d'inversion d'image. Avec l'ouverture morphologique numérique, on cherche à éliminer les maxima parasites situés sur les fibres optiques. C'est un pré-traitement classique de l'algorithme de "ligne de  
10 partage des eaux" LPE effectué lors de la segmentation par région.

A la sortie du pré-filtrage, on obtient une image des fibres optiques filtrées de leurs maxima locaux, et lissées au niveau des zones inter-fibres.

15       L'étape d'inversion d'image peut être précédée d'une étape de diffusion anisotrope de type scalaire.

Selon l'invention, le pré-filtrage peut comprendre en outre une étape au cours de laquelle on réalise une interpolation au plus proche voisin pour doubler la taille de l'image en vertical  
20 et en horizontal.

Avec cette étape d'interpolation, on cherche à simuler des éléments structurant de morphologie mathématique avec un rayon inférieur à un. L'image est doublée pour que l'ouverture morphologique qui suit ne touche pas aux maximum isolés, mais  
25 seulement ceux qui sont 8-connexe, mais non 4-connexe (voisins par une diagonale). L'intérêt est de faire une sélection des maxima éliminés par l'ouverture.

Par ailleurs, en présence d'une pluralité d'images d'acquisition, le pré-filtrage peut comprendre en outre une étape  
30 de filtrage temporel.

Avantageusement, le traitement local de chaque zone peut consister à calculer le flux de photon détecté pour chaque zone (correspondant à une fibre donnée) de l'image acquise, et à corriger le biais sur chaque valeur de flux ainsi calculée.

35       De préférence, on réalise le calcul de flux au moyen d'un estimateur du maximum de vraisemblance calculé sur un profil spécifique d'injection de chaque fibre. Plus précisément, on peut utiliser l'estimateur du maximum de vraisemblance sur la distribution d'amplitude du profil spécifique d'injection dans

chaque fibre optique. Le profil est une courbe représentant le taux d'injection en fonction de l'éloignement de la lumière par rapport au centre de la coupe transversale à l'extrémité de la fibre optique. Souvent ce profil est modélisé par une gaussienne.

5        Suivant un mode de mise en œuvre de l'invention, en appliquant également le masque sur une image représentant un fond parasite, on calcule également le flux de photon détecté pour chaque zone de l'image de fond, et on soustrait à chaque valeur de flux de chaque zone de l'image acquise, la valeur de flux de  
10 chaque zone de l'image de fond correspondante, et on réalise la correction de biais sur le résultat de cette soustraction.

      L'image de fond peut être les réflexions parasites sur les systèmes optiques de l'appareil d'acquisition, et donc y compris sur la sortie du guide d'image, mais elle peut également être le  
15 décalage, le bruit électronique, de la chaîne de numérisation de l'appareil d'acquisition. Le décalage correspond au terme communément appelé "offset". Si l'offset est dominant sur l'image, on ne peut pas obtenir le fond simplement en retirant l'image, car l'offset dépend du contenu, et n'est donc plus le  
20 même. Dans ce cas, on utilise un quantile de l'histogramme pour l'estimer. L'histogramme est celui de l'image acquise lors de la mesure en temps réel, et celui d'une image d'étalonnage lors d'une étape d'étalonnage comme on le verra ci-dessous.

      Le fond parasite peut provenir du fond de l'image ou d'un  
25 offset de la chaîne de détection.

      Selon l'invention, la correction de biais peut consister à séparer spatialement les fibres en différents blocs, à estimer la valeur de biais dans chaque bloc, à interpoler les valeurs des biais de façon à obtenir une valeur de biais pour chaque fibre,  
30 et à diviser, pour chaque zone, la valeur de flux obtenue à l'étape précédente par la valeur de biais correspondante ainsi obtenue.

      La reconstruction de l'image acquise peut faire intervenir une étape de calibrage pour calibrer le flux de l'image acquise,  
35 après traitement local, et une étape de reconstruction mosaïque. On peut utiliser d'autres types de reconstruction, telles que par interpolation ou avec des bases de fonctions radiales.



Par ailleurs, la présente invention peut être mise en œuvre sans les étapes d'étalonnage et de calibrage. Dans ce cas, l'image témoin peut être l'image acquise.

Pour le calibrage et pour chaque zone de l'image acquise, on  
5 peut diviser la valeur du flux obtenue après traitement local par une valeur de flux obtenue à la suite d'une étape d'étalonnage. Cette opération de division permet de compenser les mauvaises injections dans certaines fibres optiques.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention,  
10 l'étape d'étalonnage consiste à :

- isoler chaque zone d'une image d'étalonnage en appliquant le masque, correspondant au motif des fibres, sur cette image d'étalonnage,
- calculer le flux de photon détecté pour chaque zone de  
15 l'image d'étalonnage, et
- corriger le biais sur chaque valeur de flux ainsi calculée.

L'image obtenue à l'issue de l'étalonnage pourra servir d'étalon à l'image acquise de façon à obtenir une image acquise  
20 pour laquelle toutes les fibres optiques du guide auraient été injectées de la même manière.

De préférence, on réalise le calcul de flux au moyen d'un estimateur du maximum de vraisemblance calculé sur le profil spécifique d'injection de chaque fibre. Par ailleurs, en  
25 appliquant également le masque sur une image représentant un fond parasite, on peut calculer le flux de photon détecté pour chaque zone de l'image de fond, on peut soustraire à chaque valeur de flux de chaque zone de l'image d'étalonnage, la valeur de flux de chaque zone de l'image de fond correspondante, et on peut  
30 réaliser la correction de biais sur le résultat de cette soustraction.

En d'autres termes, au cours de l'étape d'étalonnage, on réalise les mêmes opérations que lors de la mesure, c'est-à-dire lors du traitement d'une image acquise en temps réel. Seulement,  
35 à l'étalonnage on se sert d'une image d'étalonnage faisant largement apparaître le motif des fibres optiques. L'étalonnage permet, après détection des fibres sur l'image témoin, de générer une image dans laquelle le taux d'injection va servir d'étalon lors de la mesure en temps réel. Au cours de la mesure, on

corrige également le taux d'injection sur l'image acquise, et on calibre le flux observé en fonction de l'image étalon de façon à reconstruire une image acquise sans motif des fibres optiques.

Par biais, on entend une composante basse fréquence, cette  
5 composante pouvant provenir de diverses causes.

La correction de biais peut être effectuée lors de l'étalonnage et lors de la mesure en temps réel. Pour le premier cas, cela peut venir du fait que l'étalonnage se fait par exemple sur un miroir plan, et que la courbure de champ va réduire la  
10 qualité d'injection au retour sur les bords (qui sont défocalisés). Sur l'objet de mesure, ou dans un milieu diffusant homogène, l'injection reste moins bonne sur les bords, et cela se traduit par un biais très similaire au premier quant à sa forme. Le biais peut également provenir d'un problème de vignettage.  
15 Généralement, le biais a une symétrie quasi circulaire. L'estimation du biais se fait en divisant l'image en  $N \times N$  blocs de taille fixe, puis en estimant le biais sur chaque bloc. Pour cela il faut considérer la nature de l'objet observé. Dans le cas d'un objet homogène, le biais peut être acquis en prenant la valeur  
20 moyenne ou médiane sur le bloc. Quand il y a un objet, il faut savoir si cet objet est plus sombre ou plus clair que le reste de l'image. A titre d'exemple, le biais peut être multiplicatif, et on prend donc plutôt un opérateur de moyenne ou de médiane (par rapport à un max ou min pour un biais additif). On obtient alors  
25 une image de taille  $N \times N$  qui est utilisée, après interpolation, pour trouver la valeur du biais vue par chaque fibre. On peut utiliser une interpolation bilinéaire par exemple.

La reconstruction mosaïque peut consister à répartir sur toute la surface de chaque zone de l'image acquise, la valeur de  
30 flux de chaque zone obtenue à la suite de l'étape de calibrage. On peut ensuite réaliser un filtrage récursif passe-bas de façon à lisser l'image acquise reconstruite.

Selon un mode de mise en œuvre avantageux de l'invention, l'image témoin et l'image d'étalonnage sont identiques.

35 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée d'un mode de mise en œuvre nullement limitatif, et des dessins annexés, sur lesquels :

- La figure 1 est une vue schématique globale du procédé de traitement d'image selon l'invention ;
- La figure 2 est un organigramme détaillant les principales étapes d'un processus d'étalonnage selon l'invention ;
- La figure 3 est un organigramme détaillant les principales étapes d'un processus de mesure selon l'invention ; et
- La figure 4 est un organigramme détaillant les étapes finales prenant en compte les processus d'étalonnage et de mesure pour la reconstruction d'une image acquise sans fibres optiques apparentes selon l'invention.

Sur la figure 1 est représenté un schéma global du procédé selon l'invention.

Le procédé peut être scindé en quatre parties : une partie 1 concernant la détection des fibres, une partie 2 d'étalonnage, une partie 3 de mesure, et une partie 4 de reconstruction. Les parties 1 et 2 correspondent au diagramme de la figure 2, alors que la partie 3 correspond au diagramme de la figure 3, et la partie 4 correspond au diagramme de la figure 4.

Sur la figure 1, selon l'invention, lorsqu'on désire acquérir une série d'image, on réalise d'abord une étape d'étalonnage. Pour ce faire, on considère une image témoin 5 à laquelle on fait subir une étape de détection des fibres 6 de façon à obtenir une image 7 des composantes connexes représentant chaque fibre. L'image témoin 5 est une image acquise au moyen d'un système comprenant un guide constitué d'une pluralité de fibres optiques de 10000 à 30000 par exemple. L'image témoin 5 est obtenue de telle sorte que l'on distingue le motif des fibres optiques, c'est à dire de type "boîte à œuf" : sur le profil de l'image, une fibre se traduisant par une petite montagne entourée de col et de vallée. L'image témoin 5 subit une opération de détection des fibres de façon à obtenir une sorte de masque représentant le motif des fibres optiques. Ce masque est l'image 7 des composantes connexes représentant chaque fibre. A chaque niveau de gris représente un index unique désignant une fibre optique dans le guide.

L'image 7 est ensuite utilisée pour l'étalonnage 2 du système d'acquisition d'image. L'étalonnage a pour but de déterminer une image des taux d'injection de photons fibre à fibre. Cette étape d'étalonnage est nécessaire dans la mesure où  
5 chaque fibre présente des propriétés physiques légèrement différentes des autres fibres. Il existe donc une certaine disparité concernant la capacité de chaque fibre optique à véhiculer un même flux de photon.

Pour réaliser l'étalonnage 2, on considère une image 8, ci-dessous appelée image miroir, obtenue en plaçant le miroir devant  
10 le système optique du guide d'image. Cette image peut également être celle d'un milieu diffusant homogène, d'un milieu fluorescent homogène, ou de la rétro-diffusion propre à l'intérieur du paquet de fibres optique. Cette image 8 peut  
15 également être la même image utilisée en 5, c'est à dire l'image témoin. On utilise le masque 7 pour déterminer le flux de photon de l'image miroir 8 vue par chaque fibre optique au cours de l'étape 9. De façon facultative, on peut également, déterminer le flux de photon vu par chaque fibre au cours de l'étape 11 pour  
20 une image de fond parasite 10. Cette image 10 peut correspondre à des réflexions parasites sur les optiques du système d'acquisition, mais aussi à l'offset et/ou le bruit électronique dû à la chaîne de numérisation du système d'acquisition. Le calcul de flux de l'étape 11 fait également intervenir le masque  
25 7 de façon à identifier la zone correspondante à chaque fibre. A l'étape 12, pour chaque fibre optique, on soustrait la valeur de photon de l'image miroir 8 par la valeur de flux de photon de l'image de fond 10. A l'étape 13 on estime que pour chaque fibre optique, la différence obtenue à l'étape 12 correspond au taux  
30 d'injection étalon pour chaque fibre. (étape 13).

A l'étape 14, on réalise une correction de biais sur l'image de l'étape 13. L'image issue de l'étape 14 est donc une image présentant pour chaque zone correspondant à une fibre optique, une valeur de flux de photon étalon et corrigé. Cette image issue  
35 de l'étape 14 va servir de référence pour une série d'images acquises en temps réel par le système d'acquisition. Les images acquises et traitées en temps réel subissent le traitement illustré dans les parties 3 et 4.

La partie 3 de mesure reçoit une image acquise 15, typiquement l'image d'un objet de mesure. Comme réalisé dans la partie étalonnage 2, on calcule également ici à l'étape 18 le flux de photon vu par chaque fibre en ce qui concerne l'image acquise 15. Pour ce faire, on utilise le masque 7 de façon à identifier sur l'image acquise 15, la zone correspondant à chaque fibre optique. De façon facultative, on considère une image de fond parasite 16 comme précédemment, qui peut être une image réelle, c'est à dire correspondant au fond de l'image acquise 15 ou alors une image estimée correspondant au parasite du système d'acquisition. Cette image de fond 16 subit également une étape 17 au moyen du masque 7 de façon à déterminer le flux de photon vu par chaque fibre. A l'étape 19 on réalise une soustraction. Le résultat de la soustraction est une image présentant pour chaque zone correspondant à une fibre optique donnée, un flux de photon utile. L'étape 21 est une étape facultative au cours de laquelle on réalise une correction de biais sur l'image 20.

La partie 4 de reconstruction reçoit d'une part l'image 20 corrigée et d'une autre part l'image 13 corrigée (dé-biaisée) de façon à effectuer une opération de calibrage 22 en divisant les flux de l'objet observé (élément issu de l'étape 21) par les flux étalons (élément issu de l'étape 14). A l'étape 22 on réalise également une reconstruction de façon à obtenir une image reconstruite 23 sans motif des fibres optiques apparent.

Sur la figure 2 on voit plus en détail le processus 1 de détection des fibres et le processus 2 d'étalonnage. L'opération 6 de détection des fibres fait intervenir quatre opérations :

- un pré-filtrage,
- une "ligne de partage des eaux" LPE correspondant à une segmentation par région ;
- une correction des segments ayant une surface anormalement grande ; et
- une correction des segments ayant une surface anormalement petite.

Les deux opérations de correction sont interchangeables, et on peut également les effectuer en boucle.

L'opération de pré-filtrage 61 reçoit en entrée l'image témoin 5 et génère une image des fibres filtrées de ces maxima

locaux, et lissées au niveau des zones inter-fibres. Le pré-filtrage fait intervenir une opération d'ouverture morphologique, suivi éventuellement d'une diffusion anisotrope de type scalaire, puis d'une inversion de l'image. Lorsqu'on est en présence de  
5 plusieurs images d'un même objet fixe, on peut effectuer un filtrage temporel des images. On peut également effectuer une interpolation au plus proche voisin pour doubler la taille de l'image en vertical et horizontal.

L'image générée par le pré-filtrage 61 subit ensuite une  
10 opération de ligne de partage des eaux 62, permettant l'obtention d'une image des composantes connexes des fibres détectées. L'opération de ligne de partage des eaux, de type conventionnel, va permettre de repérer des segments se trouvant au bord de l'image de façon à les retirer du résultat final. On calcule  
15 ensuite les caractéristiques de ces segments obtenus (taille moyenne, écart type, voisinage). L'image issue de l'opération 62 va subir deux corrections 63 et 64 successives. L'opération 63 est une correction des segments ayant une surface anormalement grande. Pour ce faire, on sélectionne les segments qui sont à la  
20 fois trop gros par rapport à une taille moyenne et qui ont trop de voisins par rapport à une surface normale des fibres. Ces segments sont re-segmentés avec une ligne de partage des eaux soit sur l'image d'origine, soit sur une image de carte de distance à l'intérieur des segments détectés (dans un segment,  
25 distance entre chaque pixel et le bord du segment). Puis, on calcule les caractéristiques des segments obtenus (taille moyenne, écart type des tailles).

En 64, on corrige les segments ayant une surface anormalement petite. On calcule aussi le graphe d'adjacence des  
30 segments, puis on décide quelles fibres doivent être obligatoirement fusionnées et celles qui sont juste candidates. Dans tous les cas, l'ensemble des fusions possibles est l'ensemble des fusions avec chaque voisine. Pour les fibres obligatoirement fusionnées, on prend la fusion possible qui donne  
35 la valeur de compacité la plus petite. Pour les autres qui sont candidates seulement, on utilise successivement trois filtres pour éliminer les fusions qui donnent de mauvais résultats. Le premier filtre vérifie que la taille après fusion n'est pas trop grande. Le second filtre vérifie que la compacité après fusion ne

dépasse pas une valeur maximale. Le dernier filtre vérifie que la fusion améliore la compacité. S'il reste plusieurs fusions, on garde celles qui donnent un résultat de meilleure compacité (la plus petite). Une fois toutes les fusions effectuées sur le  
5 graphe d'adjacence, on répercute les résultats sur l'image des composantes connexes, en sortie. Puis on calcule les caractéristiques des segments obtenus (taille moyenne, écart type des tailles). La seconde correction 64 permet de générer l'image des composantes connexes qui va servir de masque pour  
10 l'étalonnage 2 et la mesure 3.

La partie droite de la figure 2 concerne un processus d'étalonnage 2 telle que représenté sur la figure 1 mais de façon simplifiée. En effet, sur la figure 2, les opérations optionnelles 10 et 11 n'apparaissent pas.

15 L'étape 91 de masquage, consiste à repérer sur l'image miroir 8, la zone ou surface correspondant à chaque fibre optique du guide. L'image 7 des composantes connexes sert de masque. A l'étape 92, pour chaque fibre optique, on calcule le flux provenant de l'objet observé. Le flux est calculé grâce à  
20 l'estimateur du maximum de vraisemblance déterminé sur le profil spécifique d'injection de chaque fibre optique. A l'étape 14, on réalise une correction de biais comme on le verra plus en détails sur la figure 3. A la sortie de l'étape 14, on obtient en 24 pour chaque fibre optique, une valeur étalon du taux d'injection de  
25 photons.

Sur la figure 3, on distingue le processus de mesure selon l'invention. Ce processus se fait en temps réel. Sur l'image acquise 15, on repère la zone correspondante à chaque fibre optique en effectuant une opération de masquage 181 au moyen du  
30 masque 7. On calcule ensuite en 182, pour chaque fibre, le flux provenant de l'objet observé. Comme précédemment, le calcul est réalisé grâce à l'estimateur du maximum de vraisemblance déterminé sur le profil spécifique d'injection de chaque fibre optique. On effectue les mêmes opérations de masquage 171 et de  
35 calcul de flux 172 sur une image de fond parasite 16.

A l'étape 19, pour chaque zone correspondant à une fibre optique, on soustrait le flux de fond (172) du flux de l'image acquise (182).

Si l'image de fond n'est pas fournie et que ce fond existe, il faut le soustraire, on calcule alors un offset et/ou bruit électronique du système de mesure grâce à un quantile sur l'histogramme de l'image acquise 15.

5 On peut ensuite réaliser à l'étape 21 une correction de biais sur l'image issue de la soustraction 19. Dans ce cas, on sépare spatialement en 211 les zones correspondant aux fibres en différents blocs. Dans chacun de ces blocs, on calcul en 212 la valeur du biais grâce à un opérateur donné. Puis en 213, on  
10 interpole les valeurs du biais afin d'obtenir une valeur pour chaque fibre. On réalise alors en 214 une division de la valeur du flux vu par chaque fibre par la valeur du biais obtenu.

A l'issue de l'étape 21, on génère une image 25 représentant le flux observé pour chaque fibre.

15 L'ultime étape de reconstruction prend en compte l'image du taux d'injection étalon 24 et l'image de flux observé 25. L'opération de calibrage a pour but de compenser les pertes d'injection en égalisant le taux d'injection de toutes les fibres optiques de façon à avoir une image dont toutes les fibres ont  
20 été injecté de la même façon. Pour cela, on divise en 221 l'image de flux observé 25 par l'image du taux d'injection 24.

On réalise ensuite une reconstruction mosaïque en répartissant à l'étape 222 sur toute la surface correspondant à chaque fibre la valeur obtenue après calibrage (division). Afin  
25 de donner un aspect plus régulier, on peut effectuer un filtrage 223 passe-bas gaussien par exemple.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.



- 14 -  
REVENDEICATIONS

1. Procédé de traitement d'image acquise au moyen d'un guide constitué par une pluralité de fibres optiques, caractérisé en ce que, pour chaque fibre optique, on isole sur l'image acquise une zone correspondante à cette fibre optique, on traite localement chaque zone de façon individuelle, puis on reconstruit l'image acquise en éliminant le motif dû aux fibres optiques.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour isoler chaque zone, on applique un masque, correspondant au motif des fibres, sur l'image acquise.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le masque, correspondant à une image des composantes connexes représentant chaque fibre, est obtenu au cours d'une étape de détection des fibres à partir d'une image témoin.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'étape de détection des fibres comprend les étapes suivantes :

- pré-filtrage de l'image témoin,
- segmentation par région,
- correction de segments présentant une surface anormalement grande, et
- correction de segments présentant une surface anormalement petite.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que les deux étapes de corrections sont interchangeable.

6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que les deux étapes de corrections sont réalisées de façon itérative.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que l'étape de pré-filtrage comprend une étape d'ouverture morphologique suivie d'une étape d'inversion d'image.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'étape d'inversion d'image est précédée d'une étape de diffusion anisotrope de type scalaire.

5        9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que le pré-filtrage comprend en outre une étape au cours de laquelle on réalise une interpolation au plus proche voisin pour doubler la taille de l'image en vertical et en horizontal.

10       10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, caractérisé en ce que, en présence d'une pluralité d'images d'acquisition, le pré-filtrage comprend en outre une étape de filtrage temporel.

15       11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le traitement local de chaque zone consiste à calculer le flux de photon détecté pour chaque zone de l'image acquise, et à corriger le biais sur chaque valeur  
20 de flux ainsi calculée.

      12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'on réalise le calcul de flux au moyen d'un estimateur du maximum de vraisemblance calculé sur un profil spécifique  
25 d'injection de chaque fibre.

      13. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'en appliquant également le masque sur une image représentant un fond parasite, on calcule également le flux de photon détecté  
30 pour chaque zone de l'image de fond, et on soustrait à chaque valeur de flux de chaque zone de l'image acquise, la valeur de flux de chaque zone de l'image de fond correspondante, et on réalise la correction de biais sur le résultat de cette soustraction.

35       14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que le fond parasite provient du fond de l'image.

15. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que le fond parasite provient du calcul d'un décalage de la chaîne de détection

5           16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 15, caractérisé en ce que la correction de biais consiste à séparer spatialement les fibres en différents blocs, à estimer la valeur de biais dans chaque bloc, à interpoler les valeurs des  
10           biais de façon à obtenir une valeur de biais pour chaque fibre, et à diviser, pour chaque zone, la valeur de flux obtenue à l'étape précédente par la valeur de biais correspondante ainsi obtenue.

15           17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la reconstruction de l'image acquise fait intervenir une étape de calibrage pour calibrer le flux de l'image acquise, après traitement local, et une étape de reconstruction mosaïque.

20           18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que pour le calibrage et pour chaque zone de l'image acquise, on divise la valeur du flux obtenue après traitement local par une valeur de flux obtenue à la suite d'une étape d'étalonnage.

25           19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que l'étape d'étalonnage consiste à :

- isoler chaque zone d'une image d'étalonnage en appliquant le masque, correspondant au motif des fibres, sur cette image d'étalonnage,
- 30           - calculer le flux de photon détecté pour chaque zone de l'image d'étalonnage, et
- corriger le biais sur chaque valeur de flux ainsi calculée.

35           20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce qu'on réalise le calcul de flux au moyen d'un estimateur du maximum de vraisemblance calculé sur le profil spécifique d'injection de chaque fibre.

21. Procédé selon la revendication 18 ou 19, caractérisé en ce qu'en appliquant également le masque sur une image représentant un fond parasite, on calcule également le flux de photon détecté pour chaque zone de l'image de fond, on soustrait à chaque valeur de flux de chaque zone de l'image d'étalonnage, la valeur de flux de chaque zone de l'image de fond correspondante, et on réalise la correction de biais sur le résultat de cette soustraction.

22. Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que le fond parasite provient du fond de l'image.

23 Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que le fond parasite provient du calcul d'un décalage et du bruit de la chaîne de détection.

24. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 23, caractérisé en ce que la reconstruction mosaïque consiste à répartir sur toute la surface de chaque zone de l'image acquise, la valeur de flux de chaque zone obtenue à la suite de l'étape de calibrage.

25 Procédé selon la revendication 24, caractérisé en ce qu'on réalise un filtrage passe-bas de façon à rendre plus régulière l'image acquise reconstruite.

26. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est une image obtenue en plaçant un miroir face au guide.

27. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est une image obtenue à partir d'un milieu diffusant homogène.

28. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est une image obtenue à partir d'un milieu fluorescent homogène

29. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est une image obtenue à partir de la retro-diffusion à l'intérieur du paquet de fibres optiques constituant le guide.

5

30. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est l'image acquise.

31. Procédé selon l'une quelconque des revendications 19 à 30, caractérisé en ce que l'image témoin et l'image d'étalonnage sont identiques.

32. Appareil d'acquisition d'image au moyen d'un guide constitué par une pluralité de fibres optiques, et mettant en œuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pour chaque fibre optique, il comprend :

- des moyens pour isoler sur l'image acquise une zone correspondante à cette fibre optique,
- 20 - des moyens pour traiter localement chaque zone de façon individuelle, et
- des moyens pour reconstruire l'image acquise en éliminant le motif dû aux fibres optiques.

33. Appareil selon la revendication 32, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour modifier le taux d'échantillonnage, la qualité d'injection dans les fibres optiques, et le réglage d'une chaîne de détection afin de garantir un profil "boîte à œufs".

30

34. Application du procédé de traitement d'image selon l'une quelconque des revendications précédentes pour l'un des domaines suivants :

- le contrôle de la rugosité de la surface du guide;
- 35 - le recalage des images, ou la stabilisation de l'image;
- la super-résolution d'une image acquise;
- la quantification des images; et
- le contrôle temporel des paramètres internes de l'appareil d'acquisition.

29. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est une image obtenue à partir de la retro-diffusion à l'intérieur du paquet de fibres optiques constituant le guide.

5

30. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 25, caractérisé en ce que l'image témoin est l'image acquise.

31. Procédé selon l'une quelconque des revendications 19 à 30, caractérisé en ce que l'image témoin et l'image d'étalonnage sont identiques.

32. Appareil d'acquisition d'image au moyen d'un guide constitué par une pluralité de fibres optiques, et mettant en œuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pour chaque fibre optique, il comprend :

- des moyens pour isoler sur l'image acquise une zone correspondante à cette fibre optique,
- 20 - des moyens pour traiter localement chaque zone de façon individuelle, et
- des moyens pour reconstruire l'image acquise en éliminant le motif dû aux fibres optiques.

25 33. Appareil selon la revendication 32, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour modifier le taux d'échantillonnage, la qualité d'injection dans les fibres optiques, et le réglage d'une chaîne de détection afin de garantir un profil "boîte à œufs".

30

34. Application du procédé de traitement d'image selon l'une quelconque des revendications 1 à 31 pour l'un des domaines suivants :

- le contrôle de la rugosité de la surface du guide;
- 35 - le recalage des images, ou la stabilisation de l'image;
- la super-résolution d'une image acquise;
- la quantification des images; et
- le contrôle temporel des paramètres internes de l'appareil d'acquisition.

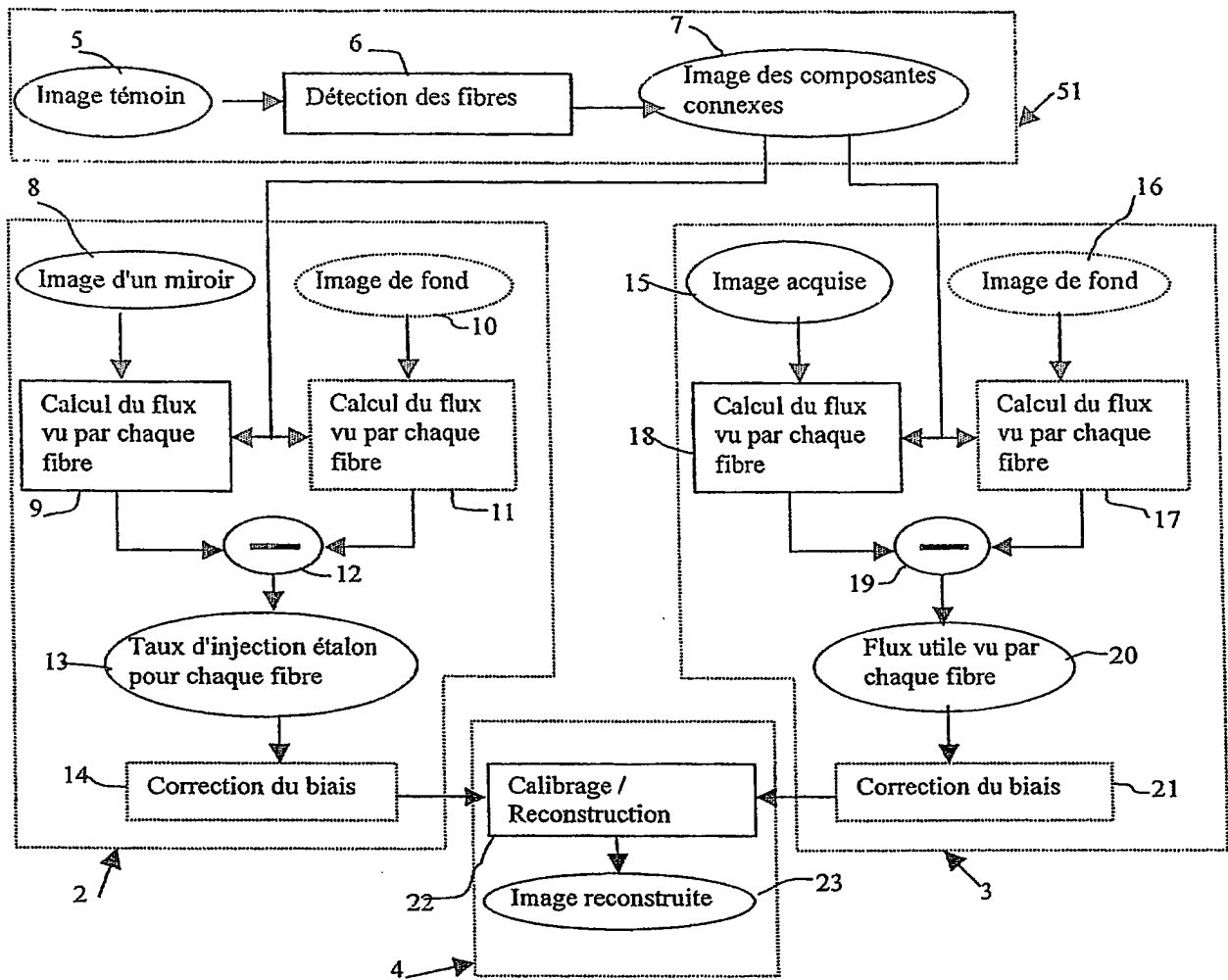


FIGURE 1

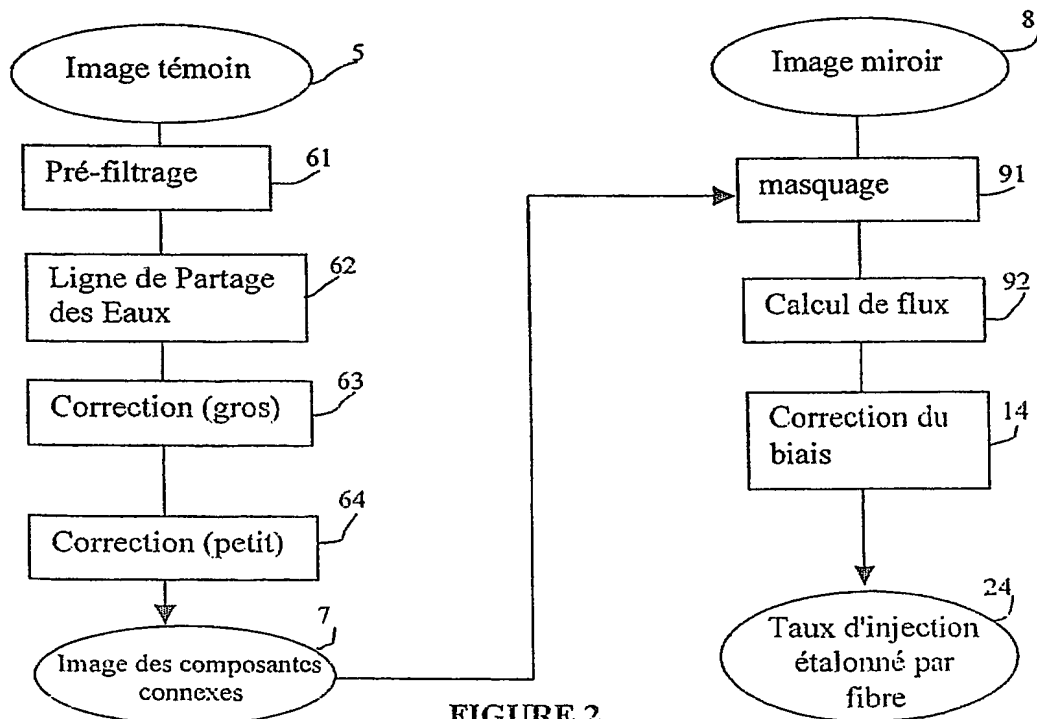
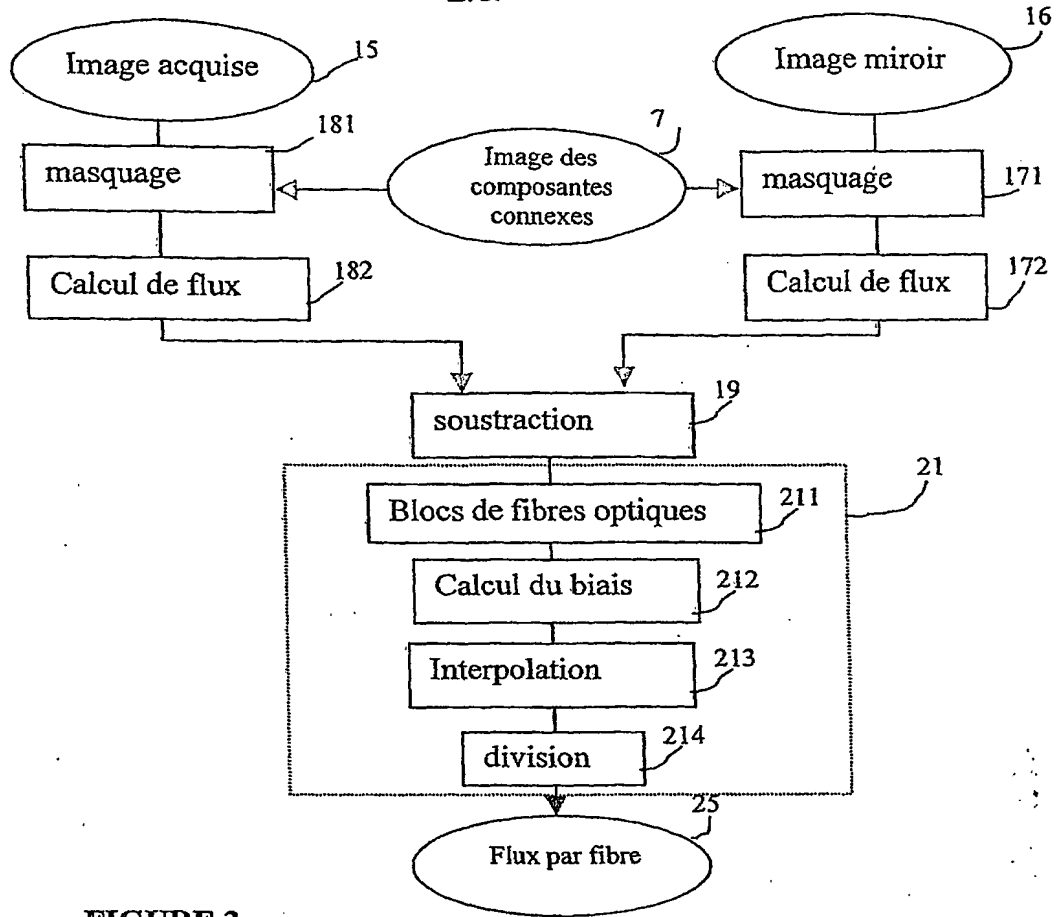
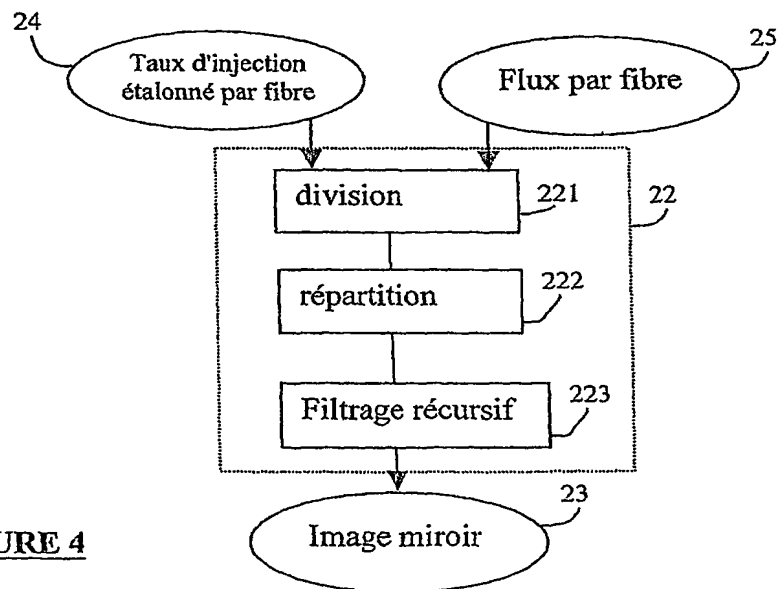


FIGURE 2

2/2



**FIGURE 3**



**FIGURE 4**





# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 1123

### DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1 / 1

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

CS 113 W / 2

Vos références pour ce dossier (facultatif)		IFB02 MKT IMA	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		020 9100	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
Procédé de traitement d'une image acquise au moyen d'un guide composé d'une pluralité de fibres optiques.			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
MAUNA KEA TECHNOLOGIES 9, rue d'Enghein F-75010 PARIS FRANCE			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeur utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		PERCHANT	
Prénoms		Aymeric	
Adresse	Rue	24, rue des Cordelières	
	Code postal et ville	75013	PARIS
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		LE GOUALHER	
Prénoms		Georges	
Adresse	Rue	42, rue Salvador Allende	
	Code postal et ville	92000	NANTERRE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		BERIER	
Prénoms		Frédéric	
Adresse	Rue	66, rue de Strasbourg	
	Code postal et ville	92400	COURBEVOIE
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		Orsay, le 15 Juillet 2002  Isabelle de SAINT VIANCE CPI 94 10 02	